10pL1-9

滴状凝縮に見られる液滴のサイズ分布について

小林悠介、國仲寛人[A]
三重県立飯野高校、[A]三重大教育

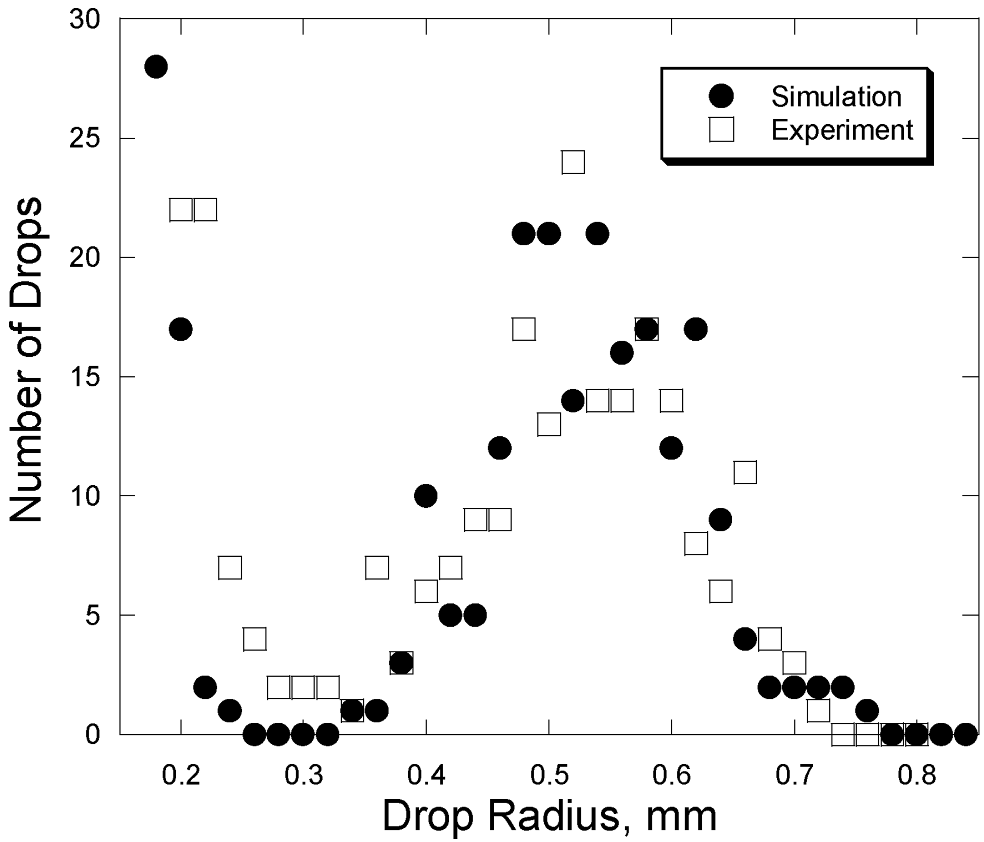
日本物理学会2020年秋季大会（オンライン開催）

ラップフィルム面上の液滴のサイズ分布

滴状凝縮の様子

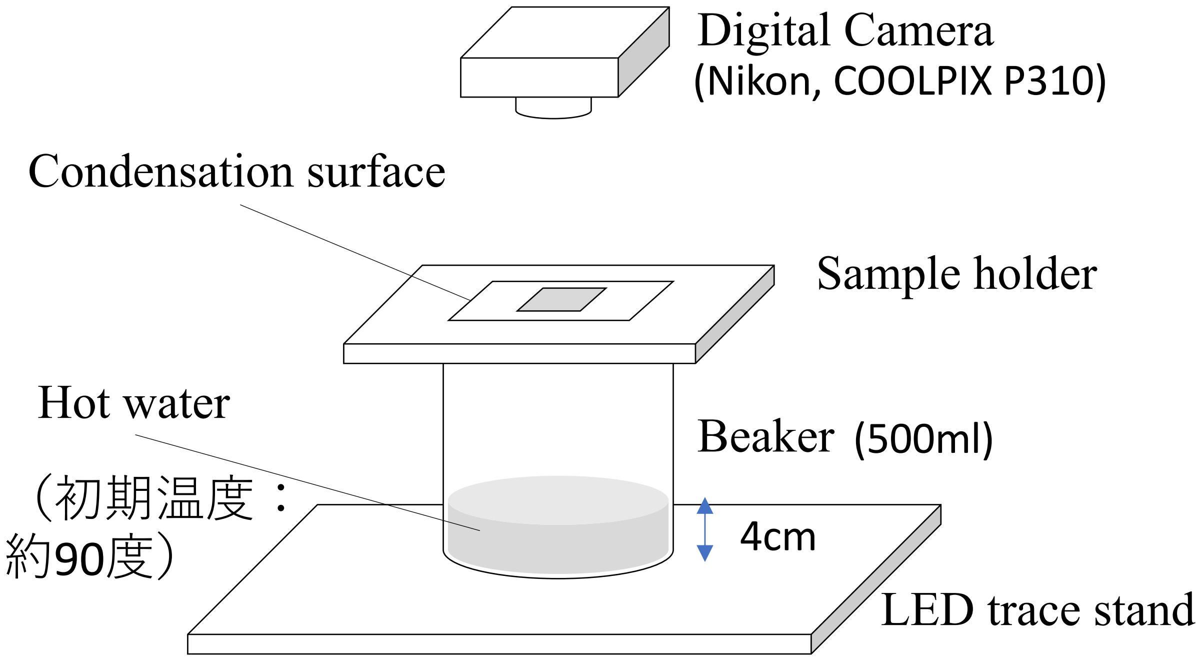
小林悠介:三重大学大学院修士論文(2020)

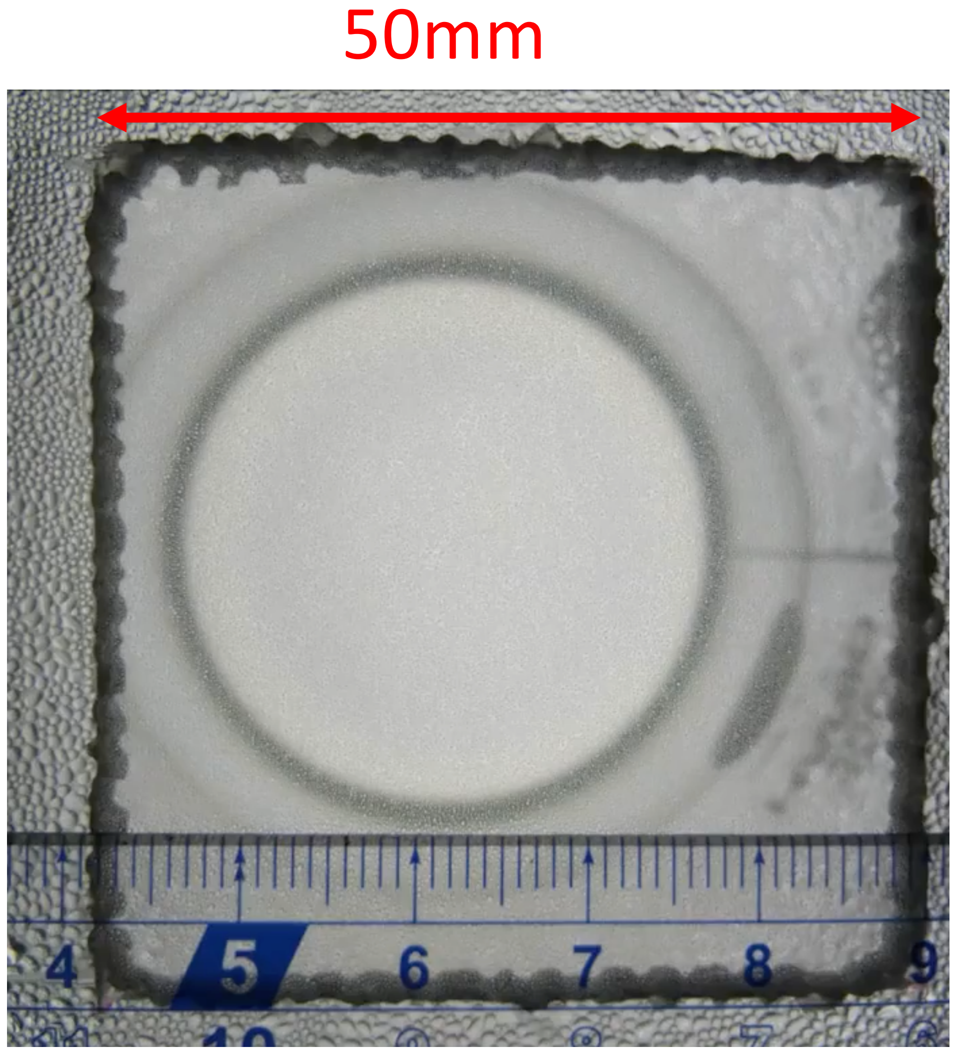
R. N. Leach, et al.: Langmuir, 22, 8864 (2006)



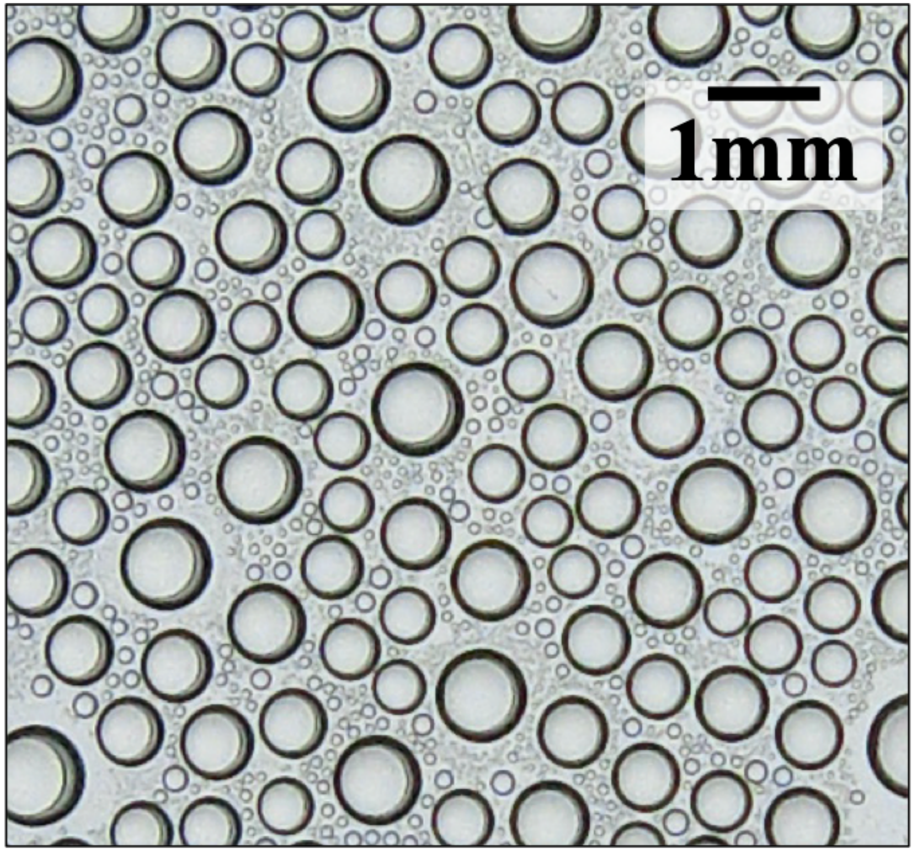
サイズ分布の成り立ちや統計的な性質を明らかにする

実験装置


Digital Camera
(Nikon, COOLPIX P310)
Condensation surface
Sample holder
Hot water
（初期温度：
約90度）
Beaker (500ml)
4cm
LED trace stand


50mm
4
5
6
7
8
9

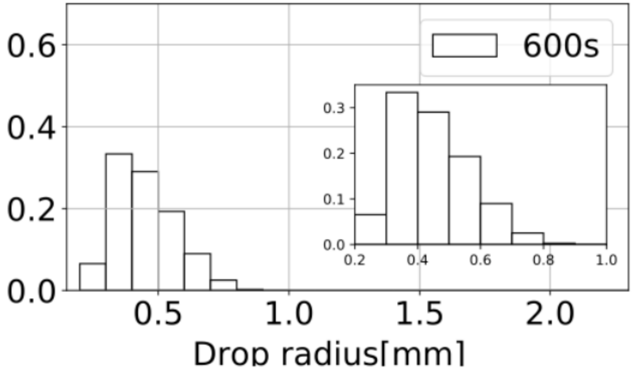
実験データの解析

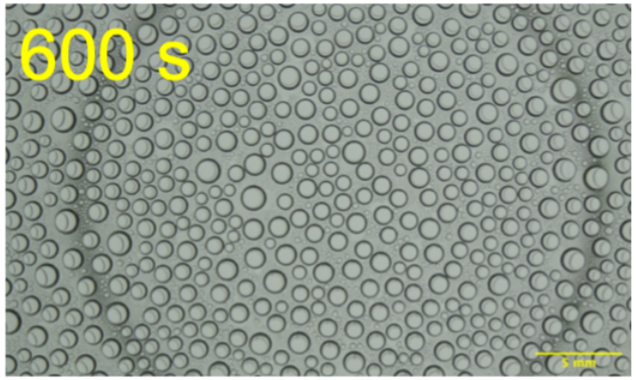


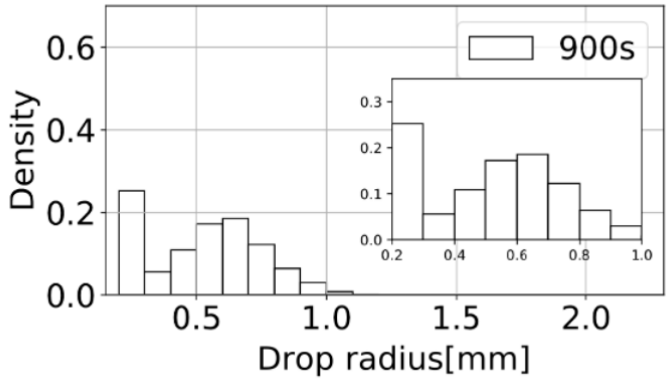
- 0～6000秒まで300秒ごとにデータを取る
- OpenCVを用いて円検出を行う
  =>ピクセル数をmmに変換
- 初期条件をそろえた実験を３回行い、サンプル平均を行う。

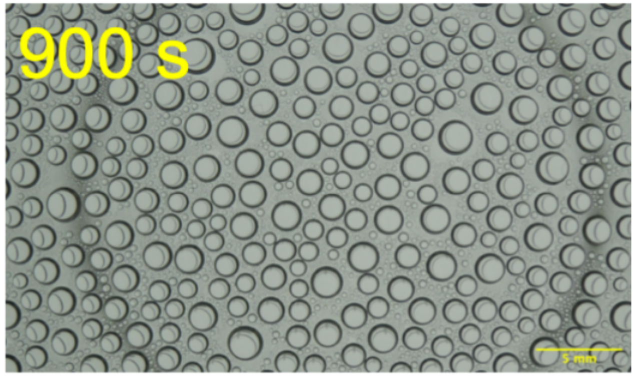
実験結果

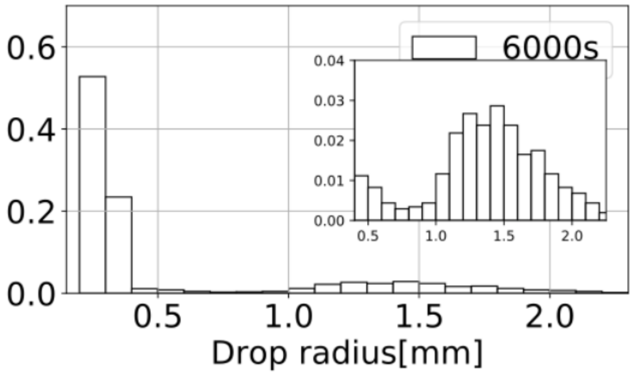
ラップフィルム（株式会社クレハ、Newクレラップ（ポリ塩化ビニリデン））

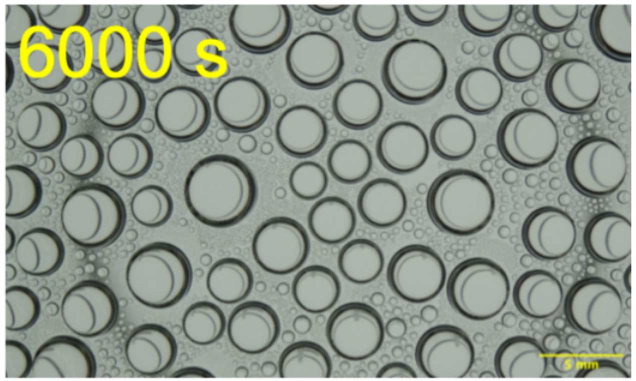










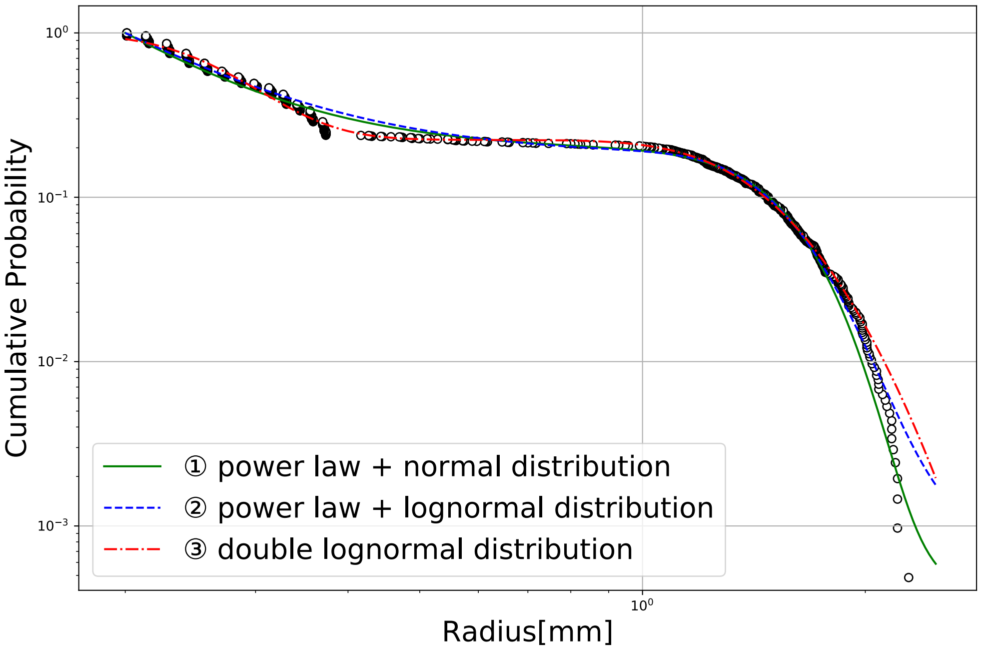


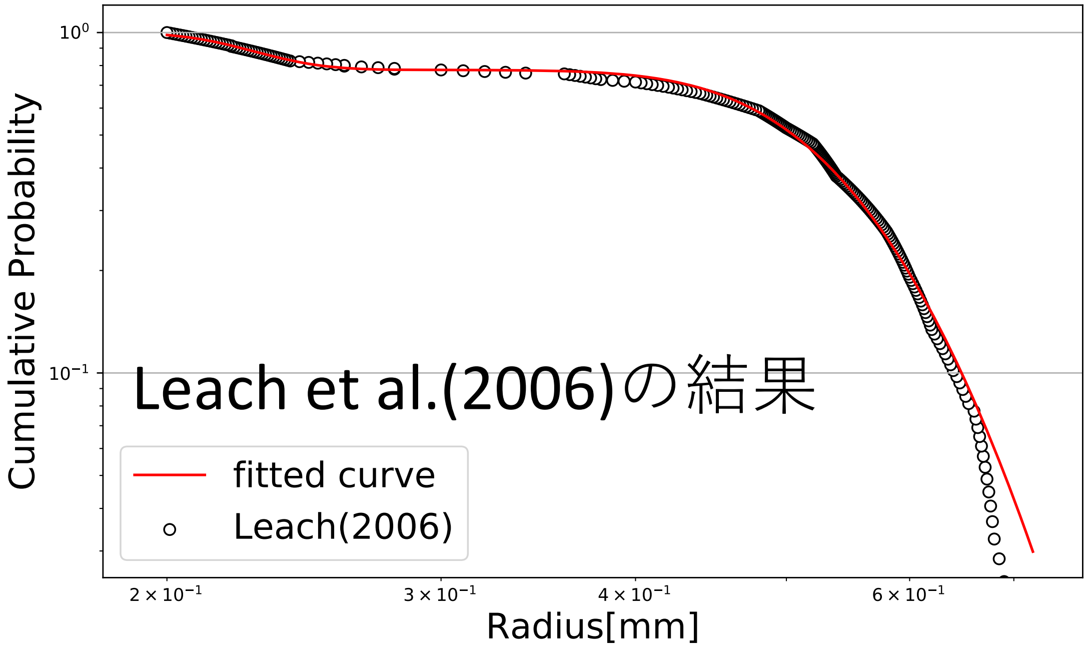
サイズ分布のフィッティング

$\boxed{\text{混合分布}}$

$$F(x) = \underbrace{\theta_1 f_1(x)}_{\text{小さい液滴}} + \underbrace{\theta_2 f_2(x)}_{\text{大きい液滴}}, \qquad \theta_1 + \theta_2 = 1$$

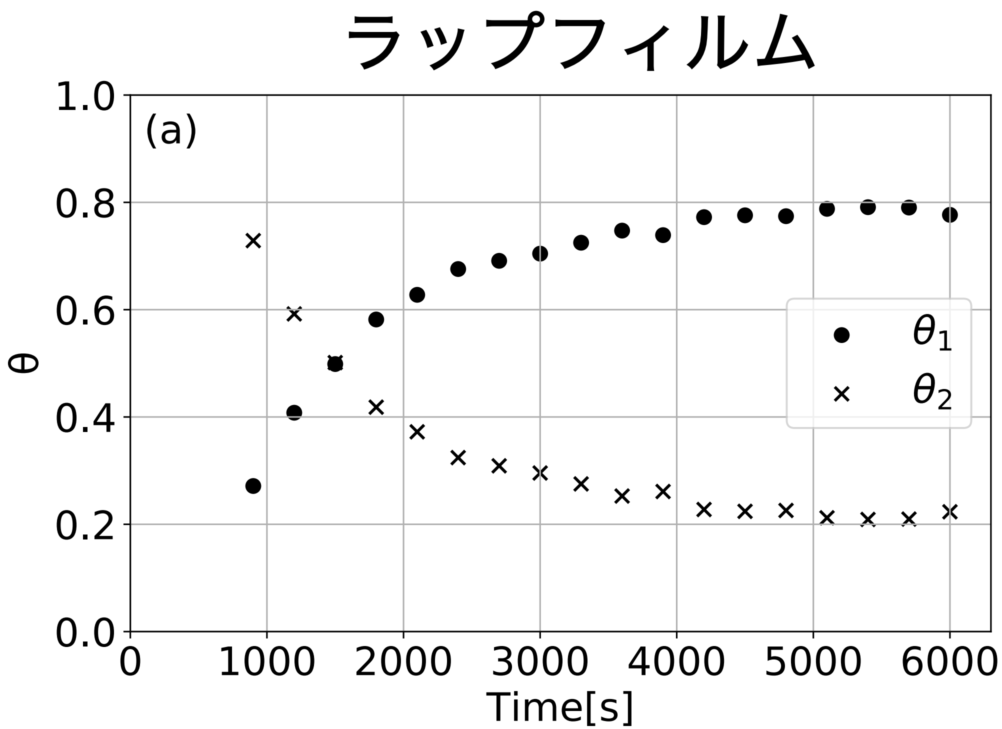
$f_*(x)$: 対数正規分布の累積分布

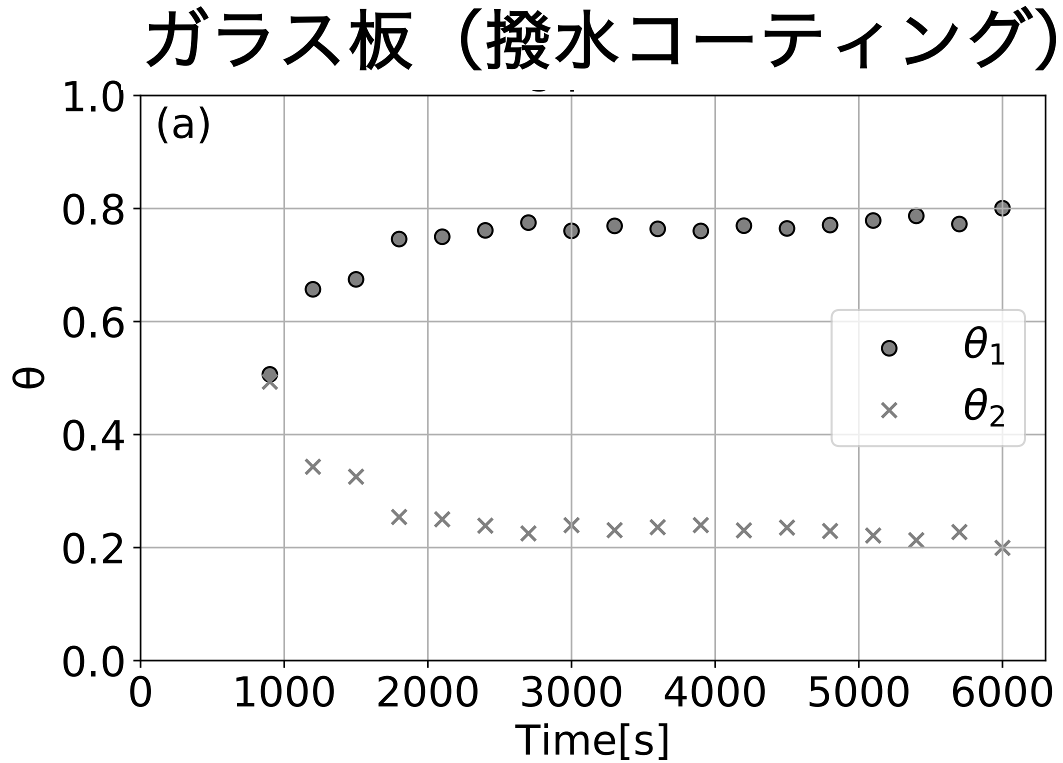




二重対数正規分布（対数正規分布の混合分布）が最も良いモデル

混合パラメータの時間変化





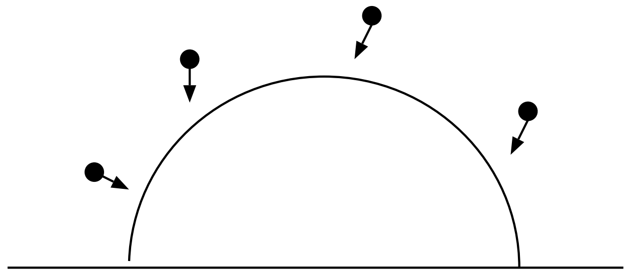
$$F(x) = \underbrace{\theta_1 f_1(x)}_{\text{小さい液滴}} + \underbrace{\theta_2 f_2(x)}_{\text{大きい液滴}}, \qquad \theta_1 + \theta_2 = 1$$

最終的に小さい液滴と大きい液滴の割合は、4:1となる

考察

液滴の半径$r(t)$の時間変化　*Leach et al.(2006) and references therein*

$r(t) \propto t^{1/2}$



$r(t) \propto t$

- 基本的には加算的に半径が増加する
- 加算過程が乗算過程で近似できる場合がある
- その場合は対数正規性が見られる

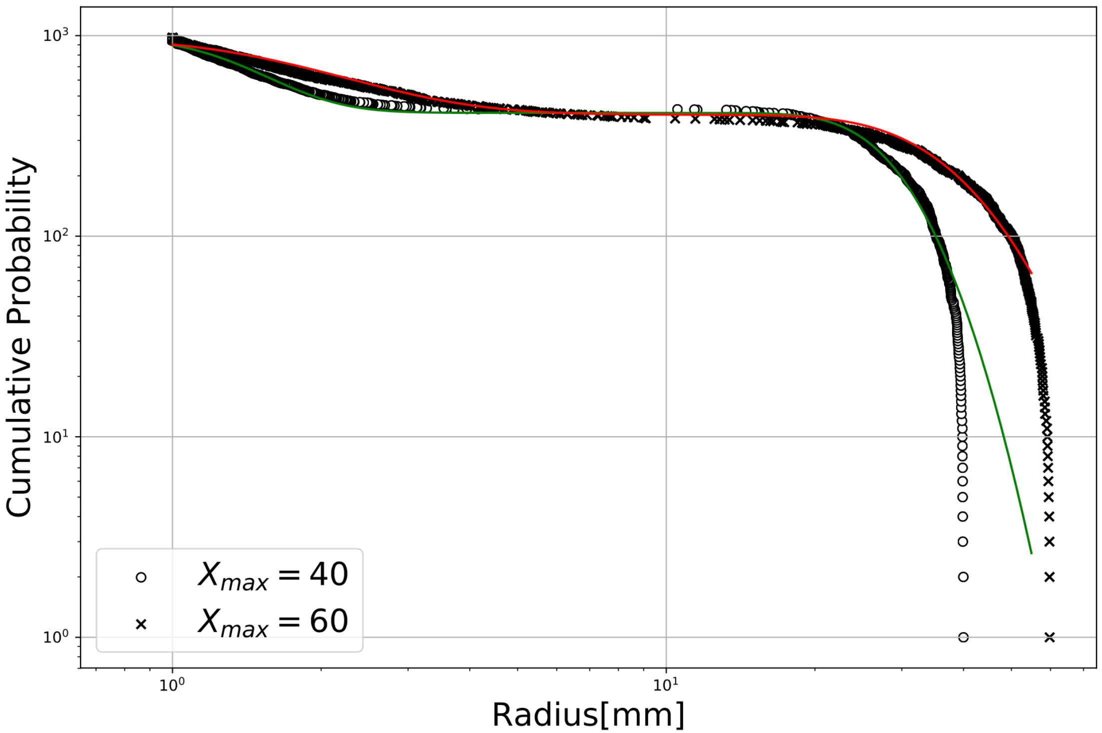
H. Mouri: Phys. Rev. E 88, 042124 (2013)

二重対数正規分布を生み出す乗算過程

$$X_{t+1} = \begin{cases} \alpha_t X_t & (X_t < X_{\max}) \\ X_0 & (X_t \geq X_{\max}) \end{cases}$$

X_0　：初期の半径

X_{max}　：半径の上限



成長率α_tの決め方

- 小さな液滴同士の合体による成長
- 時々大きな粒子と合体する

$$\alpha_t = \begin{cases} 1 + \beta^2 & \text{(確率99\%)} \\ 2 + \beta^2 & \text{(確率1\%)} \end{cases}$$

β　は　$N(0, 0.04)$　に従う正規乱数

まとめ

- Leach et al.(2006)の行った滴状凝縮の実験を再現し、液滴のサイズ分布の性質を調べた
- 二重対数正規分布が最も近似の良い分布
- 対数正規分布の混合の割合は凝縮面の種類によらないという結果が得られた
- 今後、液滴凝縮のシミュレーションを行い、液滴の成長や分布の成り立ちについてより詳細に調べる予定